

Análisis de la innovación en las empresas manufactureras mediante un enfoque multicriterio

Analysis of innovation in manufacturing companies through a multicriteria approach

Ángel Cobo-Ortega^I, Eliana Rocío Rocha-Blanco^{II}, Marco Antonio Villamizar-Araque^{III}

I. Universidad de Cantabria. ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Santander, España

II. Universidad de Cantabria. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Santander, España

III. Universidad Pontificia Bolivariana, Grupo GEETIC. Bucaramanga, Colombia

Correo electrónico: acobo@unican.es

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 18 de septiembre de 2017

Aceptado: 10 de noviembre de 2017

Resumen

Aunque la I+D desempeña un papel crucial en el proceso de innovación, y los gastos en I+D son la medida más utilizada de entrada para evaluar el nivel de innovación de las empresas, otras variables o factores pueden ser igualmente interesantes. En este trabajo se utilizó la metodología multicriterio AHP para realizar una organización jerárquica de dichos criterios y realizar una ponderación de los mismos para medir el nivel de innovación de las empresas. Gracias a esa metodología se ha podido obtener un índice a través del cual se han realizado análisis

comparativos de empresas de diferentes sectores industriales, identificando aquellos más innovadores y comparando los resultados con medidas habituales de la salida de la innovación, como son el número de patentes, el número de procesos y las innovaciones en los productos producidos. El estudio se ha realizado sobre una muestra de 1869 empresas industriales españolas.

Palabras claves: I+D, Innovación, multicriterio, AHP.

Abstract

Although R&D plays a crucial role in the innovation process, and R&D expenditures are the most widely used input measure to assess the level of innovation of companies, other variables or factors may be equally interesting. In this paper the multicriteria AHP methodology is used to carry out a hierarchical organization and weighting of these criteria in order to be able to measure the innovation level of the companies. Thanks to this methodology, it has been possible to obtain a unique index through which

comparative analyzes of companies from different industrial sectors have been carried out, identifying the most innovative sectors and comparing the results with usual output measures of the innovation, such as number of patents, number of processes and innovations in the products. The study was carried out on a sample of 1869 Spanish industrial companies.

Key words: R&D, innovation, multicriteria, AHP.

Introducción

La innovación puede ser definida como la introducción de un bien, servicio o proceso exitosamente en un mercado [1]. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que existen otros tipos de innovaciones que van más allá de la introducción de un nuevo producto, por ejemplo, innovaciones en modelos organizativos, en procesos o en promoción, distribución y canales de venta. En términos generales, la innovación influye en la posición económica de los agentes implicados (empresas, industrias o países) y tiene efectos positivos sobre los resultados económicos de las unidades productivas, aumentando la productividad de los factores de producción [2]. A su vez, las actividades de innovación dependen en parte de la diversidad y estructura de los vínculos con las fuentes de información, el conocimiento, las tecnologías, las prácticas empresariales, así como, con los recursos humanos y financieros [1].

A la hora de analizar la innovación, la medida más utilizada de la entrada es el gasto en I+D [2]; mientras que la salida se suele medir habitualmente en términos de número de patentes [3], o el número de innovaciones en los productos producidos [2]. El potencial de la innovación tecnológica está relacionado principalmente con su esfuerzo en inversiones en I+D, su capacidad de adquirir tecnologías, conocimientos, medios y equipos tecnológicos en el exterior, y los recursos humanos que emplea en I+D. A partir de una revisión de la literatura, es posible identificar algunos criterios o factores que tienen incidencia en las actividades de innovación de las empresas:

- a) Formación: niveles más altos de innovación están asociados con culturas que enfatizan el aprendizaje, el desarrollo y la toma de decisiones participativas [4]. Igualmente, la innovación requiere de actividades de

aprendizaje colectivo, adquisición de conocimiento externo y conocimiento interno o tácito [5,6]. Así, las empresas exitosas invierten en las competencias de los trabajadores y la formación específica permite hacer frente al cambio, ayudando al mismo tiempo a mejorar la productividad [7].

- b) Gastos en I+D: el gasto puede dedicarse por un lado a crear tecnología propia mediante I+D interna o externa a la empresa, o adquirir la tecnología a terceros, mediante la compra de equipos que incorporan la innovación o por medio de patentes u otros títulos de propiedad industrial [8].
- c) Incentivos públicos en I+D: los incentivos fiscales contribuyen a aumentar la probabilidad de que una empresa realice actividades de I+D+i, especialmente en PYMEs. Las ayudas directas contribuyen a incrementar la probabilidad de que las empresas cooperen con organismos públicos de investigación y, en algunos casos, con proveedores o clientes [9]. Las empresas que demuestran tener mayor experiencia en la realización de actividades de I+D y una mayor capacidad innovadora son las que tienen mayor probabilidad de acceder a las ayudas públicas.
- d) Internacionalización: uno de los métodos más útiles para medir la competitividad internacional de un país es el análisis de su comercio exterior de alta tecnología [10]. La innovación es un determinante de los resultados de la actividad comercial a nivel de exportaciones [11] y del aumento de la duración de las mismas [12]. En el caso de las importaciones, hay evidencia de que las multinacionales, empresas tecnológicamente más intensivas, tienen una mayor probabilidad de importar tecnología [13].
- e) Inversión en bienes y equipo: los bienes de equipo (maquinaria, equipos industriales y de oficina, equipos de medida, etc.) incorporan, por su naturaleza, tecnologías innovadoras [10]. En consecuencia, la innovación implica inversión. La inversión en cuestión puede incluir adquisiciones de activos materiales e inmateriales así como de cualquier otro que podrán ser potencialmente rentables en el futuro [1].
- f) Tamaño de la empresa: se identifica como aspecto importante el tamaño de las empresas, así, las grandes empresas juegan un papel crucial en el proceso de innovación, pero las empresas pequeñas y medianas también son importantes en la aplicación de nuevos conocimientos en el mercado [14]. Al respecto, las empresas jóvenes y pequeñas pueden llegar a ser más innovadoras y con mayor expectativa de rendimientos anticipados a pesar de su gestión menos sistemática [15]. El tamaño y la intensidad en I+D son importantes, en especial para empresas jóvenes innovadoras [16].

Teniendo en cuenta estos factores que hacen que las empresas sean más propensas a la innovación, puede parecer oportuno tratar de construir un índice de propensión innovadora mediante un enfoque multicriterio. Además puede ser interesante incorporar valoraciones subjetivas sobre el grado de importancia de cada indicador a la hora de medir esa propensión innovadora. Es por ello que la metodología que se expone a continuación resulta especialmente apropiada para dicho fin.

Métodos

Encuesta sobre Estrategias Empresariales de la Fundación SEPI

Con objeto de poder comprobar si el índice a desarrollar es capaz de identificar realmente a las empresas más innovadoras, se consideró oportuno hacer uso de una muestra importante de empresas industriales. En este caso se optó por recurrir a la Encuesta sobre Estrategias Empresariales de la Fundación SEPI del año 2012. En dicha encuesta participaron un total de 1869 empresas españolas pertenecientes a 20 sectores industriales. En concreto, los sectores considerados y el número de empresas en cada uno son: artes gráficas (64 empresas); bebidas (40); cuero y calzado (60); industria cárnica (82); industria de la madera (64); industria del mueble (85); industria del papel (86); industria química y farmacéutica (137); maquinaria y material eléctrico (74); máquinas agrícolas e industriales (110); metales férreos y no férreos (59); otras industrias manufactureras (49); material de transporte (35); productos informáticos, electrónicos y ópticos (31); productos alimenticios y tabaco (216); productos de caucho y plástico (105); productos metálicos (245); productos minerales no metálicos (124); textiles y confección (116); y, finalmente, vehículos de motor (87).

La metodología AHP

Entre la amplia oferta de metodologías multicriterio se ha optado por la utilización de la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process). Esta metodología, propuesta por Saaty [17] para resolver problemas de planificación y gestión de recursos escasos, se ha convertido en una de las técnicas más ampliamente usada en contextos decisionales donde se debe decidir entre un conjunto de alternativas finito a partir de criterios múltiples y muchas veces contrapuestos. AHP modeliza procesos que son inevitablemente subjetivos, y donde se manifiestan preferencias personales o grupales en la toma de una decisión. Los tomadores de la decisión deben hacer un juicio sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios y definir cierta preferencia para cada una de las alternativas en relación con cada criterio. La técnica AHP puede ser utilizada además para establecer un ranking o clasificación de las alternativas, o dicho de otra manera, determinar un índice que valore la bondad de cada una de acuerdo al objetivo general planteado en el problema. A modo de ejemplo, podría citarse el trabajo de Cobo et al. [18], quienes hacen uso de la técnica para construir un índice de interactividad de estudiantes que participan en entornos virtuales de enseñanza.

La aplicación de la técnica AHP requiere de seis etapas básicas:

1. Definición del problema y establecimiento de los objetivos y resultados esperados.
2. Descomposición del problema en una estructura jerárquica a modo de árbol con elementos de decisión.
3. Realización de comparaciones dos a dos de los elementos de decisión, valorando el grado de importancia relativa para el logro del objetivo. La valoración se realiza de acuerdo a la escala definida en la Tabla 1.
4. Comprobación de la consistencia lógica de para asegurar la coherencia de las valoraciones subjetivas del decisor. Esa comprobación se realiza a partir del cálculo de un índice de inconsistencia mediante técnicas algebraicas, índice que debe tomar valores por debajo de 0.1 para ser aceptadas las valoraciones.
5. Cálculo de los pesos relativos de los elementos de decisión en el logro del objetivo general. Existen diferentes estrategias de ponderación, una de las más comunes es el uso del autovector normalizado asociado al autovalor dominante de la matriz de comparaciones dos a dos.
6. Realización de una evaluación de las alternativas a partir de los pesos de los elementos de decisión. El resultado es una clasificación con prioridades, que indica la preferencia general para cada una de las alternativas de decisión.

Una de las principales ventajas del AHP es la facilidad para tratar con valoraciones tanto cualitativas como cuantitativas, incorporando la posibilidad de trabajar con variables lingüísticas. Por otro lado, el hecho de tener que realizar un exhaustivo análisis para la definición de los valores de comparación trae consigo un mejor conocimiento del problema abordado, tabla 1.

Tabla 1. Escala de valoración de la importancia de los criterios

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Ambos criterios contribuyen de igual manera al objetivo
3	Moderada importancia	El primer criterio contribuye levemente más al logro del objetivo
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al primer criterio frente al otro
7	Importancia muy fuerte	El primer criterio es mucho más favorecido, su predominancia se demostró en la práctica
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece al primer criterio frente al Segundo es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Valores intermedios	Valores a utilizar en situaciones intermedias

El caso concreto de la evaluación de las actividades de innovación es un problema complejo en el que intervienen criterios tangibles e intangibles y en el que las estrategias multicriterio resultan apropiadas. Algunos trabajos hacen uso de técnicas multicriterio con elementos de la lógica difusa para evaluar inversiones en innovación tecnológica [19]; o utilizan AHP para la priorización de proyectos de eco-innovación [20]. También es posible encontrar aplicaciones del AHP para evaluar factores críticos de los sistemas regionales de innovación [21]; para comparar niveles de innovación entre regiones [22]; o para clasificar empresas de acuerdo a su nivel de madurez industrial [23]. En este trabajo lo que se propone es poder definir un índice que mida la propensión hacia la innovación mediante la metodología AHP, es decir, que aproxime la capacidad innovadora de una empresa a partir de diferentes variables e indicadores sobre su actividad. Ese índice se utilizará para identificar aquellos sectores industriales más propensos hacia la innovación, y posteriormente contrastar si realmente coinciden con los que generan más innovaciones y patentes.

Resultados

Para la construcción del índice de propensión innovadora, la metodología AHP exige comenzar por la construcción de una estructura jerárquica de criterios. En este caso se consideraron 18 variables organizadas jerárquicamente en torno a 6 criterios de análisis:

1. Gastos de formación del personal, expresados en euros por trabajador:
 - GEFIN: gasto externo en la formación en idiomas.
 - GEFITN: gasto externo en la formación en informática y tecnología de la información.
 - GEFIFN: gasto externo en la formación en ingeniería y formación técnica.
 - GEFVMN: gasto externo en la formación en ventas y marketing.
2. Gastos en I+D:
 - GEID: total de gastos externos en actividades de I+D, expresado en euros.
 - GIID: total de gastos internos en actividades de I+D, expresado en euros.
 - AUTECH (autonomía tecnológica): porcentaje que los gastos totales en I+D representan sobre el total de gastos en I+D e importaciones de tecnología.
3. Incentivos públicos para la I+D:
 - DEDID: valor, en euros, de las deducciones por I+D que ha aplicado la empresa en el Impuesto de Sociedades del año.
 - FPIDCA: recursos financieros recibidos de Gobiernos Regionales para I+D (miles €).

- FPIDES: recursos financieros recibidos de la Adm. Central para I+D (miles €).
 - FPIDOT: recursos financieros recibidos de otros organismos para I+D (miles €).
4. Internacionalización:
 - IMPTEC (importación de tecnología): pagos por licencias y asistencia técnica del extranjero (miles €).
 - EXPTEC (exportación de tecnología): ingresos por licencias y asistencia técnica del extranjero (miles €).
 - PM (intensidad importadora): porcentaje que las importaciones representan sobre el total de ventas.
 - PX (propensión exportadora): porcentaje que las exportaciones representan sobre el total de ventas.
 5. Inversión en bienes de equipo.
 - IBESV: porcentaje que representan las compras y reparaciones de equipos para procesos de información, maquinaria industrial, instalaciones técnicas, elementos de transporte y mobiliario, equipo de oficina y otro inmovilizado material, sobre el total de las ventas.
 6. Tamaño de la empresa:
 - PERTOT: personal total ocupado en la empresa a 31 de diciembre.
 - VENTAS: ventas totales, en euros, de mercaderías, productos transformados, prestación de servicios y otras ventas.

Definida la estructura jerárquica de criterios, se requiere la realización de comparaciones dos a dos de las importancias relativas de las variables seleccionadas, el análisis de la consistencia lógica de esas comparaciones y el cálculo, a partir de ellas de las ponderaciones de cada criterio a la hora de medir la propensión innovadora. Las comparaciones dos a dos fueron realizadas por un investigador que desarrolla su trabajo en el campo del análisis de la I+D+i en las empresas de alta y media alta tecnología. La Tabla 2 muestra la matriz de ponderación, el índice de inconsistencia y los pesos normalizados de los criterios para los nodos del nivel superior de la jerarquía, calculados con ayuda del software *Super Decisions 3.0*. Como puede observarse, de acuerdo a la opinión del experto, los criterios con una mayor importancia a la hora de analizar la propensión a la innovación son los relativos a la internacionalización y el aplicar a incentivos públicos para la I+D. Además, el grado de inconsistencia ha sido de 0.09565, tabla 2, valor por debajo del límite máximo admitido.

Tabla 2. Criterios principales en relación a la propensión innovadora

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Peso
C1: gastos de formación	1	1/3	1/5	1/7	1/3	2	0,050770
C2: gastos de I+D	3	1	1/2	1/5	1	5	0,127608
C3: incentivos públicos	5	2	1	1/3	4	5	0,246627
C4: internacionalización	7	5	2	1	3	3	0,402230
C5: inversión en bienes de equipo	3	1	1/4	1/3	1	5	0,126392
C6: tamaño	1/2	1/5	1/5	1/3	1/5	1	0,046373
Inconsistencia: 0,09565							

Siguiendo el mismo procedimiento se construyeron las matrices y ponderaciones de cada uno de los nodos que van colgando de las ramas del árbol de jerarquía de criterios. La Tablas 3-8 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Criterios sobre gastos de formación

	GEFIN	GEFIT	GEFIFN	GEFVMN	Peso
GEFIN	1	2	1/3	1/3	0,152004
GEFIT	1/2	1	1/2	1/3	0,117061
GEFIFN	3	2	1	1/2	0,289751
GEFVMN	3	3	2	1	0,441184
Inconsistencia: 0,05361					

Tabla 4. Criterios relativos a gastos en I+D

	GEID	GIID	AUTEC	Peso
GEID	1	1/2	1/3	0,169100
GIID	2	1	1	0,387371
AUTEC	3	1	1	0,443429
Inconsistencia: 0,01759				

Tabla 5. Criterios y subcriterios relativos a incentivos públicos

	Deducciones I+D	Financiación pública	Peso					Peso
Deducciones I+D	1	1/5	0,166667	DEDID		1		1,00000
Financiación pública	5	1	0,833333		FPIDCA	FPIDES	FPIDOT	
				FPIDCA	1	1/3	2	0,249310
				FPIDES	3	1	3	0,593634
				FPIDOT	1/2	1/3	1	0,157056
Inconsistencia:	0,00000			0,05156				

Tabla 6. Criterios sobre internacionalización

	IMPTEC	EXPTEC	PM	PX	Peso
IMPTEC	1	1/3	1/2	1/2	0,120843
EXPTEC	3	1	3	1	0,376782
PM	2	1/3	1	1/3	0,154939
PX	2	1	3	1	0,347436
Inconsistencia: 0,04417					

Tabla 7. Criterios relativos a inversión en bienes de equipo

	IBESV	Peso
IBESV	1	1,000000
Inconsistencia: 0,00000		

Tabla 8. Criterios relativos al tamaño

	PERTOT	VENTAS	Peso
PERTOT	1	1/4	0,200000
VENTAS	4	1	0,800000
Inconsistencia: 0,00000			

Las matrices anteriores y los pesos locales calculados en cada nivel de la jerarquía, pueden ser “propagados” a lo largo del grafo para calcular el peso global de cada variable (nodo hoja) con respecto al objetivo (nodo raíz). Esa propagación se produce multiplicando los pesos encontrados a lo largo de los nodos de cada rama del árbol que llega al nodo hoja. De esta forma, los pesos finales para cada nodo son los que se muestran en la tabla 9. A partir de ellos se puede definir un índice de propensión innovadora para realizar comparaciones entre sectores industriales.

Tabla 9. Pesos globales de las variables

Nodo	Peso	Nodo	Peso	Nodo	Peso
GEFIN	0,007717	AUTEC	0,056586	EXPTEC	0,151553
GEFITN	0,005942	DEDID	0,041104	PM	0,062321
GEFIFN	0,014711	FPIDCA	0,051239	PX	0,139749
GEFVMN	0,022399	FPIDES	0,122005	IBESV	0,126391
GEID	0,021592	FPIDOT	0,032280	PERTOT	0,009274
GIID	0,049433	IMPTEC	0,048606	VENTAS	0,037099

A partir de los datos de la encuesta de la Fundación SEPI se han calculado los valores medios normalizados en el intervalo [0,1] de cada variable en cada sector industrial, y se ha calculado el índice de propensión innovadora de cada sector mediante una combinación lineal de esos valores ponderada por los pesos de la Tabla 9. De esta manera se obtuvieron los índices normalizados que se muestran, ordenados de acuerdo al índice global de propensión innovadora, en la tabla 10. Como puede apreciarse, los sectores más propensos a la innovación, con una clara diferencia con los restantes, serían los siguientes: otro material de transporte (índice 0.264436); productos informáticos, electrónicos y ópticos (índice 0.125856); vehículos de motor (índice 0.123526) e industria química y productos farmacéuticos (índice 0.079606). Estos sectores estarían todos ellos encuadrados dentro de la industria manufacturera de alta y media-alta tecnología. En cambio, los sectores en los que el índice generado toma valores más bajos son sectores caracterizados por un bajo grado tecnológico.

Tabla 10. Índices de propensión innovadora

Sector	Índice
Otro material de transporte	0,264436
Productos Informáticos, electrónicos y ópticos	0,125856
Vehículos de motor	0,123526
Industria química y productos farmacéuticos	0,079606
Metales ferreos y no ferreos	0,048897
Maquinaria y material eléctrico	0,042300
Máquinas agrícolas e industriales	0,039624
Productos de caucho y plástico	0,037665
Bebidas	0,033850
Otras industrias manufactureras	0,025155
Productos minerales no metálicos	0,024764
Industria cárnica	0,022570
Industria del papel	0,021205
Productos alimenticios y tabaco	0,019916
Productos metálicos	0,019685
Industria del mueble	0,018277
Textiles y confección	0,015967
Cuero y calzado	0,013877
Industria de la madera	0,012267
Artes gráficas	0,010558

Discusión

Con vistas a contrastar si los sectores identificados como más propensos a la innovación realmente coinciden con aquellos en los que se generan más resultados de innovación, se realizaron una serie de análisis complementarios. En primer lugar, se quiso comprobar si aquellos sectores más propensos hacia la innovación son también aquellos en los que la productividad es mayor, para ello se consideraron las siguientes variables: costes netos por ocupado (CNO), calculados como los costes de personal menos indemnizaciones (en miles de euros) divididos por el personal total; costes de personal sobre producción (CPSP), calculados como el porcentaje que representan los costes de personal sobre la producción y otros ingresos; y productividad por trabajador (PBTN), calculada como el valor de la producción de bienes y servicios y otros ingresos corrientes, en miles de euros, dividido por el personal total. Los valores medios en cada sector industrial para las variables anteriores son los que se muestran en Tabla 11. En la tabla aparecen sombreadas las celdas correspondientes a sectores que se encuentran entre los 5 mejores para cada indicador, al mismo tiempo los sectores se han ordenado de acuerdo a su índice de propensión innovadora.

De los resultados obtenidos se pueden extraer algunas conclusiones: en general los 4 sectores que resultaron más propensos a la innovación se encuentran todos ellos entre los 8 sectores en los que los costes netos por ocupado resultan también más elevados. El hecho de coincidir con sectores de alta tecnología hace que los costes de producción resulten más altos, se requiera un mayor porcentaje de personal de alta cualificación y, en definitiva, sean sectores que tengan una mayor necesidad de innovar para buscar reducir sus costes. En lo que se refiere al porcentaje de los costes de personal sobre la producción, destaca especialmente el sector de los productos informáticos, electrónicos y ópticos, siendo el sector con mayor valor medio en este indicador. Por otro lado, 3 de los sectores más propensos a la innovación se encuentran también entre los 8 con mejores valores de productividad por trabajador.

Como resultados de la innovación pueden considerarse variables como el número de innovaciones de producto y el de patentes registradas. En este caso, para la muestra de empresas se cuenta con los valores de las siguientes variables: número de innovaciones de producto que la empresa ha obtenido durante el ejercicio (NIP); número de patentes registradas en España (PATESP); y número de patentes registradas en el extranjero (PATEXT). Debe observarse que estas variables deberían analizarse de manera diferida, en el sentido que, por ejemplo, el registro de una patente puede ser el resultado de procesos de I+D realizados en bastantes años anteriores. De todas formas, a la hora de realizar un análisis medio por sectores ese hecho puede no ser tan determinante para los propósitos de este estudio. Analizando el número medio de innovaciones de producto y de patentes nacionales e internacionales en cada sector, se obtienen los datos que se muestran igualmente en la Tabla 11. En este caso se observa una clara correspondencia de los sectores cuyo índice de propensión innovadora resultó más elevado con los sectores que en la práctica consiguen mayores innovaciones y patentes. Este hecho viene a confirmar la bondad del índice definido para el propósito planteado.

Tabla 11. Análisis de los costes de personal y productividades en los diferentes sectores

Sector	Rk	CNO	CPSP	PBTN	NIP	PATESP	PATEXT
Otro material de transporte	1	43,18	38,02	224,10	0,314	0,286	0,543
Productos informáticos, electrónicos, ópticos	2	37,94	41,38	121,53	2,323	0,032	0,194
Vehículos de motor	3	39,33	22,48	255,43	0,547	0,414	0,115
Industria química y farmacéutica	4	46,53	20,49	369,29	1,822	0,365	3,110
Metales ferreos y no ferreos	5	44,99	21,44	377,42	5,345	0,051	0,102
Maquinaria y material eléctrico	6	37,36	30,69	176,80	2,514	0,206	0,460
Máquinas agrícolas e industriales	7	41,62	27,78	189,86	0,955	0,291	0,191
Productos de caucho y plástico	8	32,81	25,42	176,67	0,845	0,086	0,038
Bebidas	9	41,02	14,22	430,08	0,500	0,100	0,000
Otras industrias manufactureras	10	28,65	40,24	105,98	1,674	0,102	0,286
Productos minerales no metálicos	11	32,88	37,92	173,86	0,390	0,040	0,033
Industria cárnica	12	29,54	14,40	396,28	0,988	0,049	0,000
Industria del papel	13	38,12	21,35	234,34	0,655	0,023	0,000
Productos alimenticios y tabaco	14	28,48	22,65	284,93	1,181	0,014	0,014
Productos metálicos	15	33,94	38,47	132,58	0,441	0,049	0,020
Industria del mueble	16	28,01	40,28	97,86	0,679	0,071	0,071
Textiles y confección	17	24,63	40,76	99,74	0,635	0,129	0,026
Cuero y calzado	18	21,42	28,02	122,14	1,467	0,033	0,017
Industria de la madera	19	25,14	36,40	98,60	0,156	0,188	0,047
Artes gráficas	20	34,16	39,63	107,67	0,094	0,016	0,109
Todos los sectores		33,97	29,92	208,81	1,046	0,122	0,306

Entre los datos extraídos de la encuesta se encuentran también una serie de variables binarias que indican si cada empresa realizó o no determinadas actividades. El primer bloque de variables determinaba si cada empresa había introducido durante el ejercicio diferentes tipos de innovaciones. El primer tipo de innovación considera fue las innovaciones de comercialización (ICO), entendidas como modificaciones significativas en el diseño o envasado de los productos, nuevos métodos en la promoción de los productos o en la fijación de los precios. En promedio, un 19,26 % de las empresas de la muestra introdujeron ese tipo de innovaciones, sin embargo, los 3 sectores con mayores porcentajes son:

- Productos informáticos, electrónicos y ópticos (38,71 %)
- Industria química y farmacéutica (29,93 %)
- Industria cárnica (29,27 %)

Como puede comprobarse, dos de los tres sectores identificados pertenecen al grupo de los de mayor índice de propensión innovadora.

El segundo tipo de innovaciones analizadas corresponde a las innovaciones en nuevos métodos en la utilización de canales de venta (ICOCAN). En este caso el porcentaje global de empresas es 7,65% y los sectores más innovadores:

- Productos informáticos, electrónicos y ópticos (12,90 %)
- Productos de caucho y plástico (11,43 %)
- Industria cárnica (10,98 %)

De nuevo vuelve a destacar el sector de los productos informáticos, electrónicos y ópticos.

También se han analizado las innovaciones de comercialización por diseño o envasado de los productos (ICODIS). Un 10,65 % de las empresas introdujeron estas innovaciones, destacando los sectores relacionados con las bebidas (25,00 %), industria cárnica (24,39 %) y los productos alimenticios y tabaco (19,91%). Este tipo de innovaciones parecen no resultar tan significativas en empresas tecnológicas.

En lo referente a innovaciones en la fijación de los precios (ICOFIJ), el nivel global de realización se sitúa en un 5,46 % de las empresas, resultando el más bajo de todos los tipos de innovaciones analizadas. Los sectores donde estas innovaciones se presentaron en mayor porcentaje son:

- Maquinaria y material eléctrico (10,81 %)
- Productos informáticos, electrónicos y ópticos (9,68 %)
- Productos de caucho y plástico (9,52 %)
- Industria química farmacéutica (7,30 %)

Finalmente, innovaciones de comercialización referentes a nuevos métodos en la promoción de los productos (ICOPRO) fueron introducidas por un 9,47 % de las empresas, siendo de nuevo el sector de los productos informáticos, electrónicos y ópticos el más destacado con un 29,03 % de las empresas.

Un análisis global de los sectores en los que las empresas introdujeron en mayor porcentaje los diferentes tipos de innovaciones, permite comprobar que en general a mayor índice de propensión innovadora a priori, mayores niveles de introducción de innovaciones. Especialmente claro es en dos de los sectores identificados como más propensos a la innovación: el de los productos informáticos, electrónicos y ópticos, y el de la industria química y farmacéutica.

Aunque estrictamente no pueden ser consideradas salidas de la innovación sino más bien entradas, se analizaron los porcentajes de empresas que realizaron una serie de actividades relacionadas con la I+D e innovación. De esta manera, el sector de productos informáticos, electrónicos y ópticos destacó por ser el que cuenta con mayor presencia de acuerdos de colaboración tecnológica (19,35 % de las empresas), en el que en mayor medida se disponía de una dirección o comité de tecnología o I+D (67,74 % de las empresas), y en el que más frecuente fue la realización de evaluaciones de perspectivas de cambio tecnológico (54,84 %). Por otro lado, el sector en el que mayores porcentajes de empresas adquirieron bienes de equipo para la mejora de productos fue el de vehículos a motor (36,78 %); y el sector en el que en mayor medida se participó en programas de investigación de la UE fue el de otro material de transporte (8,57%). Como puede comprobarse, todos los sectores destacados en estos aspectos se encuentran entre los más propensos a la innovación de acuerdo al índice elaborado.

Finalmente, también se analizó el porcentaje de empresas que en cada sector realizaron y contrataron actividades de I+D. En este caso destacan claramente los sectores de mayor índice de propensión innovadora. En concreto, un 43,8 % de las empresas químicas y farmacéuticas realizaron actividades de I+D con recursos propios y también contrataron esas actividades con agentes externos. En el sector de otro material de transporte ese porcentaje se situó en el 42,86 %, en el de productos informáticos, electrónicos y ópticos en 41,94 %, y finalmente, en el de vehículos de motor en un 37,93 %. En el resto de sectores esos porcentajes fueron inferiores.

Conclusiones

Los análisis realizados ponen de manifiesto que el índice de propensión innovadora definido puede ser adecuado para predecir las acciones de innovación de las empresas y para comparar las capacidades, a la hora de innovar, de unas empresas frente a otras, generando un ranking en función del valor de dicho índice. La metodología de decisión multicriterio se ha mostrado también como muy apropiada para realizar este tipo de análisis en los que intervienen múltiples factores y se necesita agregarlos. El ranking construido, junto con los respectivos análisis elaborados, describen las actividades en I+D+i, y permite caracterizar la propensión innovadora de los 20 sectores de manufactura, destacando los sectores que por su actividad económica son considerados de alta y media-alta tecnología.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED y a la Red Iberoamericana BigDSSAgro (Ref. P515RT0123) por el apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

1. OECD/Eurostat. Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. 3raed. Madrid, España: Tragsa; 2006. [Citado: 28 de febrero de 2018]. Disponible en: http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es
2. Gumbau-Albert M, Maudos J. Technological activity and productivity in the Spanish regions. The Annals of Regional Science. 2006;40(1):55-80.
3. Archibugi D. Patenting as an indicator of technological innovation: a review. Science and PublicPolicy. 1992;19(6):357-368.
4. Hurley RF, Hult GTM. Innovation, market orientation, and organizational learning: An integration and empirical examination. Journal of Marketing. 1998;62(3):42-54.
5. Jeannerat H, Crevoisier O. Editorial: From 'Territorial Innovation Models' to 'Territorial Knowledge Dynamics': On the Learning Value of a New Concept in Regional Studies. Regional Studies. 2016;50(2):185-188.
6. Lawson C, Lorenz E. Collective Learning, Tacit Knowledge and Regional Innovative Capacity. Regional Studies. 1999;33(4):305-317.
7. OECD. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society. Paris, France: OECD Publishing; 2015. [Citado: 28 de febrero de 2018] Disponible en: http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2015_sti_scoreboard-2015-en.
8. FECYT. Carencias y necesidades del Sistema Español de Ciencia y Tecnología. Informe 2005. Madrid, España: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología; 2006. [Citado: 28 de febrero de 2018] Disponible en: <https://www.fecyt.es/es/publicacion/carencias-y-necesidades-del-sistema-espanol-de-ciencia-y-tecnologia>.
9. Busom I, Corchuelo B, Martínez Ros E. Efectividad de los incentivos públicos a la investigación e innovación empresarial. In: Análisis sobre ciencia e innovación en España. Madrid, España: CSIC y FECYT; 2010. [Citado: 28 de febrero de 2018] Disponible en: http://www.investigacion.cchs.csic.es/dci/sites/investigacion.cchs.csic.es.dci/files/Analisis_Ciencia_Innovacion.pdf.

10. COTEC. Tecnología e Innovación en España Informe COTEC 2012. Madrid, España: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica; 2012. [Citado: 28 de febrero de 2018] Disponible en: http://informecotec.es/media/A17_Inf.12.pdf.
11. Na-Allah A, Muchie M. Social absorption capability, systems of innovation and manufactured export response to preferential trade incentives. *Research Policy*. 2012;41(1):93-101.
12. Chen WC. Innovation and duration of exports. *Economics Letters*. 2012;115(2):305-308.
13. García M, Huergo E. Transferencia de tecnología de las multinacionales. In: *Análisis sobre ciencia e innovación en España*. Madrid, España: CSIC y FECYT; 2010. [Citado: 28 de febrero de 2018] Disponible en: http://www.investigacion.cchs.csic.es/dci/sites/investigacion.cchs.csic.es/dci/files/Analisis_Ciencia_Innovacion.pdf.
14. Segarra-Blasco A, Garcia-Quevedo J, Teruel-Carrizosa M. Barriers to innovation and public policy in Catalonia. *International Entrepreneurship and Management Journal*. 2008;4(4):431-451.
15. Do TH. Determinants of Innovation Commercialization Management and Anticipated Returns: An Exploratory Typology of SMEs. *International Journal of Innovation and Technology Management*. 2014;11(6):1-20.
16. Czarnitzki D, Delanote J. Size, age and innovativeness: Key determinants of growth? In: 2012 IEEE International Conference on Management of Innovation & Technology (ICMIT); Sanur Bali, Indonesia: IEEE; 2012.
17. Saaty TL. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York, USA: McGraw-Hill; 1980.
18. Cobo A, Rocha R, Rodríguez-Hoyos C. Evaluation of the interactivity of students in virtual learning environments using a multicriteria approach and data mining. *Behaviour and Information Technology*. 2014;33(10):1000-1012.
19. Suder A, Kahraman C. Multicriteria analysis of technological innovation investments using fuzzy sets. *Technological and Economic Development of Economy*. 2016;22(2):235-253.
20. Stosic B, Milutinovic R, Zakic N, et al. Selected indicators for evaluation of eco-innovation projects. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 2016;29(2):177-191.
21. Tsai CL, Chang HC. Evaluation of critical factors for the regional innovation system within the HsinChu science-based park. *Kybernetes*. 2016;45(4):699-716.
22. Liefner I, Jessberger S. The use of the analytical hierarchy process as a method of comparing innovation across regions: The examples of the equipment manufacturing industries of Shanghai and Xiamen, China. *Environment and Planning A*. 2016;48(6):1188-1208.
23. Babić Z, Veža I, Pavić I. Ranking of enterprises with regard to industrial maturity level using AHP and TOPSIS. In: 2016 International Symposium on the Analytic Hierarchy Process (ISAHp); London, UK: Creative Decision Foundation; 2016. [Citado: 28 de febrero de 2018] Disponible en: http://www.isahp.org/uploads/isahp16_proceeding_1143162.pdf